(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110977938 A
(43)申请公布日 2020.04.10

(21)申请号 201911128078.0

(22)申请日 2019.11.18

(71)申请人 江苏大学
地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路301号

(72)发明人 谢俊 左飞飞 李玉萍 刘军 杨启志

(51)Int.Cl.
B25J 9/00(2006.01)

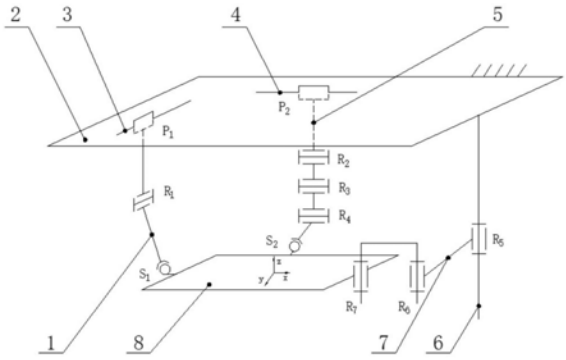
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种零耦合三自由度并联机器人

(57)摘要

本发明提供了一种零耦合三自由度并联机器人，包括动平台和静平台，所述动平台和静平台之间分别安装第一运动组件、第二运动组件和第三运动组件；所述第一运动组件用于使动平台沿Y轴方向的平移；所述第二运动组件用于使动平台沿X轴方向的平移；所述第三运动组件用于使动平台绕Z轴方向的转动。本发明的并联机器人输入-输出完全解耦，各运动组件不发生相互干涉，且该并联机器人耦合度为零，运动学与动力学分析可单独求解，便于并联机器人的轨迹规划与运动控制。



CN 110977938 A

1.一种零耦合三自由度并联机器人,包括动平台(8)和静平台(2),其特征在于,所述动平台(8)和静平台(2)之间分别安装第一运动组件(1)、第二运动组件(5)和第三运动组件(7);所述第一运动组件(1)用于使动平台(8)沿Y轴方向的平移;所述第二运动组件(5)用于使动平台(8)沿X轴方向的平移;所述第三运动组件(7)用于使动平台(8)绕Z轴方向的转动。

2.根据权利要求1所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,所述第一运动组件(1)包括第一导轨(3)、移动副P_1、连杆L_1、转动副R_1、连杆L_2和球副S_1;所述第一导轨(3)沿Y轴方向布置在静平台(2)上,所述移动副P_1的轴线与第一导轨(3)轴向重合;所述连杆L_1的一端通过移动副P_1与第一导轨(3)相连接,所述连杆L_1的另一端通过转动副R_1与连杆L_2的一端相连接;所述连杆L_2的另一端通过球副S_1与动平台(8)相连接;所述移动副P_1、转动副R_1的轴线相互平行。

3.根据权利要求2所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,所述移动副P1为第一运动组件(1)的主动副,通过移动副P1的运动使动平台(8)沿Y轴方向平移。

4.根据权利要求1所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,所述第二运动组件(5)包括第二导轨(4)、移动副P_2、连杆L_3、转动副R_2、连杆L_4、转动副R_3、连杆L_5、转动副R_4、连杆L_6和球副S_2;所述第二导轨(4)沿X轴方向布置在静平台(2)上;所述移动副P_2的轴线与第二导轨(4)轴向重合;所述连杆L_3的一端通过移动副P_2与第二导轨(4)相连接,所述连杆L_3的另一端通过转动副R_2与连杆L_4相连接;所述连杆L_4的另一端通过转动副R_3与连杆L_5相连接;所述连杆L_5的另一端通过转动副R_4与连杆L_6相连接;所述连杆L_6的另一端通过球副S_2与动平台(8)相连。所述移动副P_2、转动副R_2、转动副R_3和转动副R_4的轴线相互平行。

5.根据权利要求4所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,所述移动副P_2为所述第二运动组件(5)的主动副,通过移动副P_2的运动使动平台(8)沿X轴方向平移。

6.根据权利要求1所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,所述第三运动组件(7)包括竖直连杆(6)、转动副R_5、连杆L_7、转动副R_6、连杆L_8和转动副R_7;所述竖直连杆(6)沿Z轴方向布置且与静平台(2)垂直相连;所述竖直连杆(6)上设有与竖直连杆(6)轴向重合的转动副R_5;所述连杆L_7的一端通过转动副R_5与竖直连杆(6)相连接,所述连杆L_7的另一端通过转动副R_6与连杆L_8相连接;所述连杆L_8的另一端通过转动副R_7与动平台(8)相连接;所述转动副R_5、转动副R_6与转动副R_7的轴线相互平行。

7.根据权利要求6所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,所述转动副R_7为所述第三运动组件(7)的主动副,通过转动副R_7的运动使动平台(8)绕Z轴方向转动。

8.根据权利要求1-7任一项所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,第一运动组件(1)、第二运动组件(5)和第三运动组件(7)可分别独立行动。

9.根据权利要求1-7任一项所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,第一运动组件(1)、第二运动组件(5)和第三运动组件(7)可同时行动。

10.根据权利要求1-7任一项所述的零耦合三自由度并联机器人,其特征在于,第一运动组件(1)、第二运动组件(5)和第三运动组件(7)中的任意2个运动组件可同时行动。

一种零耦合三自由度并联机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及并联机器人领域，特别涉及一种零耦合三自由度并联机器人。

技术背景

[0002] 近年来，三自由度并联机器人具有结构简单、易于控制、加工成本低等诸多优点，在工业生产及相关领域得到了广泛应用。随着并联机器人运动组件的增多，机构耦合性增强，运动组件间的干涉影响加剧，不利于机器人的运动学分析和后续的解耦控制。现有三自由度并联机器人耦合性较强，为简化并联机器人运动学与动力学分析复杂程度，零耦合三自由度并联机器人的研究势在必行。

发明内容

[0003] 针对现有技术存在的诸多不足，本发明旨在提供一种零耦合三自由度并联机器人，以改善现有三自由度并联机器人强耦合等问题。同时此并联机器人输入-输出完全解耦，各运动组件不发生相互干涉，且该并联机器人耦合度为零，运动学与动力学分析可单独求解，便于并联机器人的轨迹规划与运动控制。

[0004] 本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

[0005] 一种零耦合三自由度并联机器人，包括动平台和静平台，所述动平台和静平台之间分别安装第一运动组件、第二运动组件和第三运动组件；所述第一运动组件用于使动平台沿Y轴方向的平移；所述第二运动组件用于使动平台沿X轴方向的平移；所述第三运动组件用于使动平台绕Z轴方向的转动。

[0006] 进一步，所述第一运动组件包括第一导轨、移动副P_1、连杆L_1、转动副R_1、连杆L_2和球副S_1；所述第一导轨沿Y轴方向布置在静平台上，所述移动副P_1的轴线与第一导轨轴向重合；所述连杆L_1的一端通过移动副P_1与第一导轨相连接，所述连杆L_1的另一端通过转动副R_1与连杆L_2的一端相连接；所述连杆L_2的另一端通过球副S_1与动平台相连接；所述移动副P_1、转动副R_1的轴线相互平行。

[0007] 进一步，所述移动副P1为第一运动组件的主动副，通过移动副P1的运动使动平台沿Y轴方向平移。

[0008] 进一步，所述第二运动组件包括第二导轨、移动副P_2、连杆L_3、转动副R_2、连杆L_4、转动副R_3、连杆L_5、转动副R_4、连杆L_6和球副S_2；所述第二导轨沿X轴方向布置在静平台上；所述移动副P_2的轴线与第二导轨轴向重合；所述连杆L_3的一端通过移动副P_2与第二导轨相连接，所述连杆L_3的另一端通过转动副R_2与连杆L_4相连接；所述连杆L_4的另一端通过转动副R_3与连杆L_5相连接；所述连杆L_5的另一端通过转动副R_4与连杆L_6相连接；所述连杆L_6的另一端通过球副S_2与动平台相连。所述移动副P_2、转动副R_2、转动副R_3和转动副R_4的轴线相互平行。

[0009] 进一步，所述移动副P_2为所述第二运动组件的主动副，通过移动副P_2的运动使动平台沿X轴方向平移。

[0010] 进一步，所述第三运动组件包括竖直连杆、转动副R_5、连杆L_7、转动副R_6、连杆L_8和

转动副R_7;所述竖直连杆沿Z轴方向布置且与静平台垂直相连;所述竖直连杆上设有与竖直连杆轴向重合的转动副R_5;所述连杆L_7的一端通过转动副R_5与竖直连杆相连接,所述连杆L_7的另一端通过转动副R_6与连杆L_8相连接;所述连杆L_8的另一端通过转动副R_7与动平台相连接;所述转动副R_5、转动副R_6与转动副R_7的轴线相互平行。

[0011] 进一步,所述转动副R_7为所述第三运动组件的主动副,通过转动副R_7的运动使动平台绕Z轴方向转动。

[0012] 进一步,第一运动组件、第二运动组件和第三运动组件可分别独立行动。

[0013] 进一步,第一运动组件、第二运动组件和第三运动组件可同时行动。

[0014] 进一步,第一运动组件、第二运动组件和第三运动组件中的任意2个运动组件可同时行动。

[0015] 本发明的有益效果在于:

[0016] 1.本发明所述的零耦合三自由度并联机器人,可以实现动平台沿X轴方向、沿Y轴方向的平移和Z轴方向的转动,动平台输出兼具移动与转动特性。

[0017] 2.本发明所述的零耦合三自由度并联机器人,其耦合度为零,运动学与动力学分析可单独求解,便于机构的轨迹规划与运动控制。

[0018] 3.本发明所述的零耦合三自由度并联机器人运动完全解耦,各运动组件运动时不发生相互干涉,故动平台输出运动可根据实际运动需求进行组合。

附图说明

[0019] 图1为本发明所述的零耦合三自由度并联机器人结构原理图。

[0020] 图2为本发明所述的第一运动组件结构原理图。

[0021] 图3为本发明所述的第二运动组件结构原理图。

[0022] 图4为本发明所述的第三运动组件结构原理图。

[0023] 图中:

[0024] 1-第一运动组件;2-静平台;3-第一导轨;4-第二导轨;5-第二运动组件;6-竖直连杆;7-第三运动组件;8-动平台。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明,但本发明的保护范围并不限于此。

[0026] 如图1所示,本发明所述的一种零耦合三自由度并联机器人,包括第一运动组件1、第二运动组件5和第三运动组件7;所述第一运动组件用于使动平台8沿Y轴方向的平移;所述第二运动组件用于使动平台8沿X轴方向的平移;所述第三运动组件用于使动平台8绕Z轴方向的转动。

[0027] 如图2所示,所述第一运动组件1包括第一导轨3、移动副P_1、连杆L_1、转动副R_1、连杆L_2和球副S_1;所述第一导轨3沿Y轴方向布置在静平台2上;所述移动副P_1的轴线与第一导轨3轴向重合;所述连杆L_1的一端通过移动副P_1与第一导轨3相连接,所述连杆L_1的另一端通过转动副R_1与连杆L_2的一端相连接;所述连杆L_2的另一端通过球副S_1与动平台8相连接;所述移动副P_1、转动副R_1的轴线相互平行。所述移动副P_1为第一运动组件1的主动副,通过移动副

P_1的运动使动平台8沿Y轴方向平移。

[0028] 如图3所示，所述第二运动组件5包括第二导轨4、移动副P_2、连杆L_3、转动副R_2、连杆L_4、转动副R_3、连杆L_5、转动副R_4、连杆L_6和球副S_2；所述第二导轨4沿X轴方向布置布置在静平台2上，所述第二导轨4与第一导轨3垂直；所述移动副P_2的轴线与第二导轨4轴向重合；所述连杆L_3的一端通过移动副P_2与第二导轨4相连接，所述连杆L_3的另一端通过转动副R_2与连杆L_4相连接；所述连杆L_4的另一端通过转动副R_3与连杆L_5相连接；所述连杆L_5的另一端通过转动副R_4与连杆L_6相连接；所述连杆L_6的另一端通过球副S_2与动平台8相连。所述移动副P_2、转动副R_2、转动副R_3、转动副R_4的轴线相互平行。所述移动副P_2为第二运动组件5的主动副，通过移动副P_2的运动使动平台8沿X轴方向平移。

[0029] 如图4所示，所述第三运动组件7包括竖直连杆6、转动副R_5、连杆L_7、转动副R_6、连杆L_8和转动副R_7；所述竖直连杆6沿Z轴方向布置且与静平台2垂直相连；所述竖直连杆6上设有转动副R_5；所述转动副R_5的轴线与竖直连杆6轴向重合；所述连杆L_7的一端通过转动副R_5与竖直连杆6相连接，所述连杆L_7的另一端通过转动副R_6与连杆L_8相连接；所述连杆L_8的另一端通过转动副R_7与动平台8相连接；所述转动副R_5、转动副R_6、转动副R_7的轴线相互平行。所述转动副R_7为第三运动组件7的主动副，通过转动副R_7的运动使动平台8绕Z轴方向转动。

[0030] 第一运动组件1、第二运动组件5和第三运动组件7作用在动平台8上，使动平台8实现沿X轴方向、沿Y轴方向的平移和绕Z轴方向的转动。

[0031] 工作过程如下：

[0032] 第一运动组件1运行，移动副P_1可沿Y轴方向在静平台2上做直线振动运动，通过连杆L_1、转动副R_1、连杆L_2和球副S_1可带动动平台8沿Y轴方向做直线振动筛分运动；第二运动组件5运行，移动副P_2可沿X轴方向在静平台2上做直线振动运动，通过连杆L_3、转动副R_2、连杆L_4、转动副R_3、连杆L_5、转动副R_4、连杆L_6和球副S_2可带动动平台8沿Y轴方向做直线振动筛分运动；第三运动组件7运行，转动副R_7绕其轴线做一定幅度的转动振动，通过连杆L_8、转动副R_6、连杆L_7和转动副R_5可带动动平台8绕Z方向做转动振动筛分运动。由于该并联机器人输入-输出完全解耦，实际运动组件的运行方案可根据需求进行组合，使动平台8获得对应的筛分运动输出。

[0033] 第一运动组件1、第二运动组件5和第三运动组件7可分别独立行动或者同时运动。或者第一运动组件1、第二运动组件5和第三运动组件7中的任意2个运动组件可同时行动，即第一运动组件1与第二运动组件5、第二运动组件5与第三运动组件7、第一运动组件1与第三运动组件7同时行动。

[0034] 以下将对本发明所述并联机器人的运动自由度及耦合度进行理论计算，并对其机构特性作进一步说明。

[0035] 所述第一运动组件、第二运动组件为无约束链，其POC集方程为：

[0036] $$M_{b1} = M_{b2} = \begin{bmatrix} t^3 \\ r^3 \end{bmatrix}$$

[0037] 所述第三运动组件的POC集方程为：

[0038] $$M_{b3} = \begin{bmatrix} t^2(\perp R_7) \\ r^1(\parallel R_7) \end{bmatrix}$$

[0039] 并联机器人全周DOF一般公式为：

[0040] $$F=\sum_{i=1}^{m}f_i-\sum_{j=1}^{v}\xi_{L_j}$$

[0041] v＝m-n+1

[0042] 式中，F为机构自由度，f_i为第i个运动副自由度，m为运动副数，n为构件数，v为独立回路数，ξ_{L_j}为第j个独立回路的独立位移方程数。m＝11，所述并链机构包括12个连杆及动平台、静平台，即n＝10，故：

[0043] v＝m-n+1＝11-10+1＝2

[0044] 所述第一运动组件与第三运动组件构成第一回路，所述第二运动组件和由第一回路组成的子并联机器人构成第二回路。

[0045] 第一回路的独立位移方程数为：

[0046] $$\xi_{L_1}=dim.\{M_{b1}\cup M_{b3}\}=dim.\left\{\begin{bmatrix}t^3\\r^3\end{bmatrix}\right\}=6$$

[0047] 由第一回路组成的子并联机器人的POC集方程为：

[0048] $$M_{pa(1-3)}=M_{b1}\cap M_{b3}=\begin{bmatrix}t^2\\r^1\end{bmatrix}$$

[0049] 第二回路的独立位移方程数为：

[0050] $$\xi_{L_2}=dim.\{M_{pa(1-3)}\cup M_{b2}\}=dim.\left\{\begin{bmatrix}t^3\\r^3\end{bmatrix}\right\}=6$$

[0051] 故该并联机器人的自由度为：

[0052] $$F=\sum_{i=1}^{m}f_i-\sum_{j=1}^{v}\xi_{L_j}=(5+7+3)-(6+6)=3$$

[0053] 该并联机器人动平台POC集方程为：

[0054] $$M_{pa}=M_{b1}\cap M_{b2}\cap M_{b3}=M_{b3}=\begin{bmatrix}t^2(\perp R_7)\\r^1(\parallel R_7)\end{bmatrix}$$

[0055] 即动平台输出运动为沿X轴方向、Y轴方向的平移和绕Z轴的旋转。

[0056] 由基于单开链(SOC)单元的机构组成原理可知，任一机构可分解为一系列单开链，单开链的约束度为：

[0057] $$\Delta_j=\sum_{i=1}^{m_j}f_j-I_j-\xi_{L_j}$$

[0058] 式中，m_j为第j个单开链的运动副数，I_j为第j个单开链的驱动副数。第一回路中移动副P_1与转动副R_7为驱动副，即I_1＝2；第二回路中移动副P_2为驱动副，即I_2＝1，故第一回路约束度Δ_1、第二回路约束度Δ_2分别为：

[0059] Δ_1＝(5+3)-2-6＝0

[0060] Δ_2＝7-1-6＝0

[0061] 基本运动链(Basic kinematic chain,BKC)判别公式为：

[0062] $$\sum_{j=1}^{\nu}\Delta_j = 0$$

[0063] 可知该并联机器人共有两个基本运动链BKC_1、BKC_2，因此，该并联机器人耦合度为：

[0064] $$K = \frac{1}{2}\min\left\{\sum_{j=1}^{\nu}|\Delta_j|\right\} = 0$$

[0065] 即该并联机器人为零耦合机构，机构拓扑复杂程度低，故运动学与动力学分析可单独求解。

[0066] 所述实施例为本发明的优选的实施方式，但本发明并不限于上述实施方式，在不背离本发明的实质内容的情况下，本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

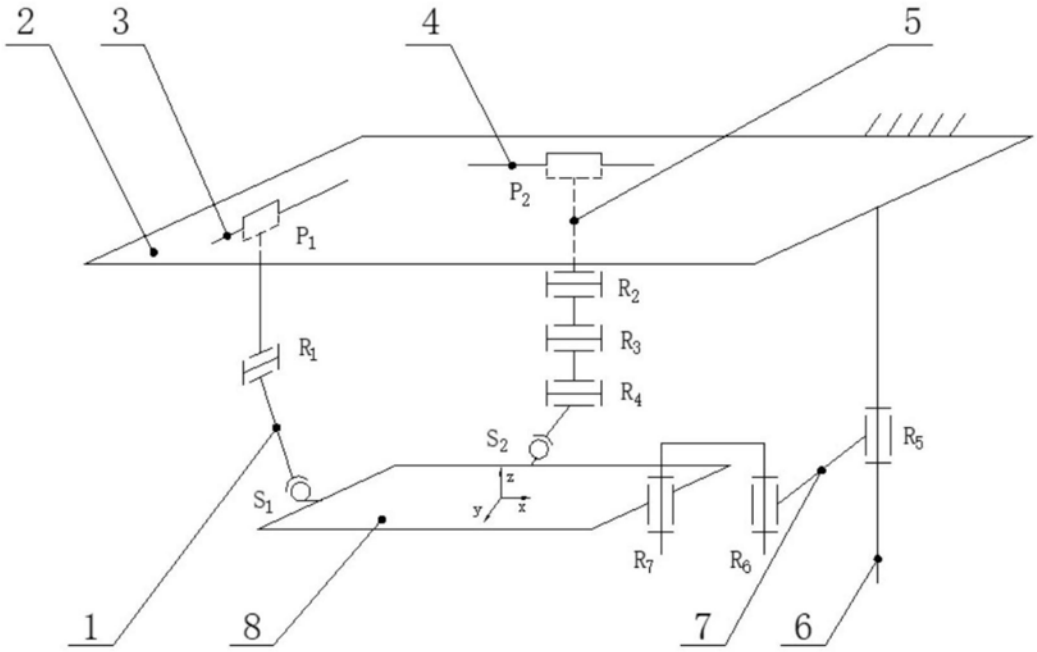


图1

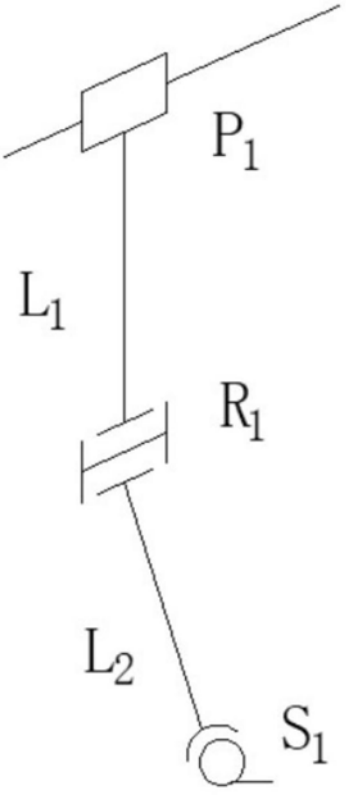


图2

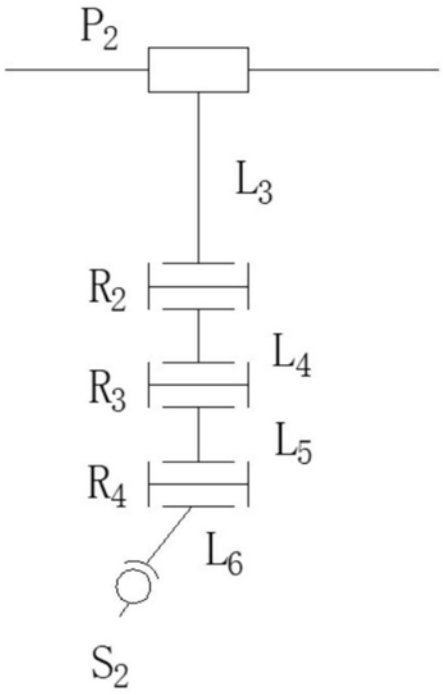


图3

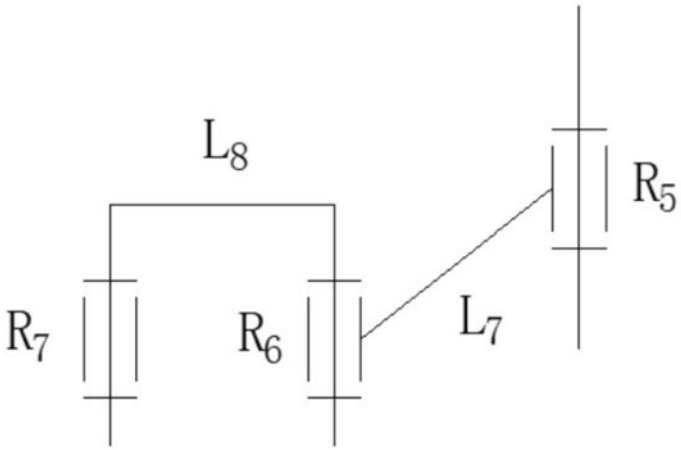


图4